

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

**Rekonstrukce zámku dvířek průmyslového pracího
stroje**

Design Optimization of an Industrial Washing Machine
Door Lock

Student:

Markéta Hradilová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Markéta Hradilová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Rekonstrukce zámku dvířek průmyslového pracího stroje**
Design Optimization of an Industrial Washing Machine Door Lock

Zásady pro vypracování:

Ve spolupráci se zadavatelskou firmou Primus CE s.r.o. navrhnete konstrukční úpravu zámku dvířek průmyslové pračky.

Proved'te analýzu současného provedení a popište navrhované změny konstrukce. Zpracujte konstrukční návrh a podložte jej pevnostními výpočty nosných prvků.

Zpracujte výkresovou dokumentaci v rozsahu výkresu sestavení a dvou dílenských výkresů vybraných dílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000.

BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I - Spoje*. VUT Brno, 1987.

BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů - svazek 1*. SNTL Praha, 1990.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

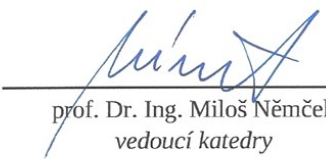
KŘÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II - Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Markéta Hradilová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jilemnického náměstí 908, Poruba 708 00

Poděkování

Mé poděkování patří paní Ing. Mileně Hrudíčkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hradilová, M. *Rekonstrukce zámku dvířek průmyslového pracího stroje*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2015, 41 s. Vedoucí práce Ing. Milena Hruďčková, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem zámku dvířek průmyslové pračky určené pro hygienické bariérové prací stroje. V úvodní části je proveden popis a zhodnocení současného řešení zámku. Dále jsou popsány postupy při konstrukčním návrhu a tvarování jednotlivých částí, včetně inspiračních zdrojů. Návrh se opírá o pevnostní výpočty nosných dílů a je vypočtena i ovládací síla ruky.

Byla vytvořena výkresová dokumentace, která je přiložena k práci.

Výsledkem je konstrukční návrh zámku dvířek pračky, který je možno na rozdíl od současného provedení ovládat pouze jednou rukou.

ANNOTATION OF THE BACHELOR THESIS

Hradilová, M. *Design Optimization of an Industrial Washing Machine Door Lock: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2015, 41 p.
Thesis head: Ing. Milena Hruďčková, Ph.D.

Bachelor thesis deals with the door lock washer designed for industrial hygiene barrier washing machines. In the introduction is made description and evaluation of the current solution lock. Further, describes the procedures in the design and shaping of individual parts, including sources of inspiration. The proposal builds on the strength calculations for structural parts and is calculated as operating strength of your hand.

It was created drawing documentation, which is attached to the work.

The result is a constructional design of the washing machine door lock, which may be, contrary to the present, operated with only one hand.

Seznam použitých značek a symbolů

Šířka	B	[mm]
Modul pružnosti v tahu	E	[mm]
Síla v čepu	$F_{\check{c}}$	[N]
Síla odstředivá	F_o	[N]
Síla pružiny	F_p	[N]
Síla ruky	F_R	[N]
Síla rolky	F_r	[N]
Kvadratický moment	I	[mm ⁴]
Délka	L	[mm]
Ohybový moment	M_o	[N·mm]
Maximální ohybový moment	M_{oMax}	[N·mm]
Moment od rolky	M_r	[N·mm]
Moment uzavírací	M_u	[N·mm]
Mez kluzu	R_e	[MPa]
Obsah plochy	S	[mm ²]
Průřezový modul v ohybu	W_o	[mm ³]
Zrychlení	a	[m·s ⁻¹]
Obecné rozměry	a, b, c	[mm]
Průměr	d	[mm]
Průměr čepu	$d_{\check{c}}$	[mm]
Průměr drátu	d_d	[mm]
Gravitační zrychlení	g	[m·s ⁻¹]
Výška	h	[mm]
Bezpečnost	k	[-]
Obecné rozměry délek	l	[mm]

Hmotnost	m	[kg]
Tlak	p	[MPa]
Dovolený tlak	p_d	[MPa]
Obecný rozměr	x	[mm]
Průhyb plechové pružiny	y	[mm]
Dovolené napětí v ohybu	σ_{do}	[MPa]
Napětí v ohybu	σ_o	[MPa]

Obsah

1	Úvod.....	10
1.1	Cíle bakalářské práce	10
2	Rešerše	11
2.1	Rozdělení.....	11
2.1.1	Pračky s předním plněním z přední části bubnu (axiální plnění)	12
2.1.2	Pračky s předním plněním z boční části bubnu (radiální plnění)	12
2.1.3	Pračky s vrchním plněním z přední části bubnu (axiální plnění)	13
2.1.4	Pračky s vrchním plněním z boční části bubnu (radiální plnění)	13
3	Současné provedení zámku dvířek	14
3.1	Nevýhody současného provedení.....	15
4	Návrh nového provedení zámku	16
4.1	Funkce pákového mechanismu	17
4.2	Použití pákového mechanismu v zámku	19
5	Výpočty.....	21
5.1	Plechová pružina	21
5.2	Ohnutý drát.....	26
5.3	Rolka	27
5.4	Čep rolky.....	29
5.5	Páka	30
5.6	Čep v uchycení páky (otočný čep páky)	34
5.7	Čep v drážce	35
5.8	Kluzné pouzdro	37
6	Závěr	39
7	Seznam použité literatury	40
8	Seznam příloh	41

1 Úvod

Tato bakalářská práce se týká návrhu nové konstrukce zámku dvířek průmyslové hygienické bariérové pračky řady MB s kapacitou 90 kg, kterou vyrábí firma PRIMUS CE s.r.o. Příbor. Budete seznámeni s problematikou současného řešení mechanismu zámku, a postupně s mými nápady a myšlenkami, které mne vedly k návrhu nového provedení zámku dvířek pračky. Jednotlivé díly nového konstrukčního návrhu nesoucí rozhodující zatížení jsou pevnostně zkontrolovány. Na základě provedených pevnostních a kontrolních výpočtů je zpracována výkresová dokumentace.



Obr. 1 Průmyslová hygienická bariérová pračka MB 90 [9]

1.1 Cíle bakalářské práce

- Rozbor stávajícího řešení zámku dvířek průmyslové pračky.
- Vytvoření vlastního konstrukčního návrhu zámku dvířek s ohledem na jednoduchost ovládání a spolehlivost funkce.
- Rozbor zatížení zámku a pevnostní výpočty navržených nosných dílů.
- Zpracování výkresu sestavení v rozsahu minimálně A1 a dílenských výkresů vybraných dílů.

2 Rešerše

Kapitola je zaměřena na rozdělení praček a základní charakteristiku praček z hlediska plnění prádlem. Jednotlivé typy a provedení praček se odlišují různými způsoby otevírání a provedení dvířek.

2.1 Rozdělení

Podle typu pračky

- průmyslová pračka
- hygienická pračka
- domácí pračka

Podle způsobu plnění pračky prádlem

- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| ➤ s předním plněním: | z přední části bubnu (axiální plnění) |
| ➤ | z boční části bubnu (radiální plnění) |
| ➤ s vrchním plněním: | z přední části bubnu (axiální plnění) |
| ➤ | z boční části bubnu (radiální plnění) |

2.1.1 Pračky s předním plněním z přední části bubnu (axiální plnění)

Automatická pračka pro domácí použití (obr. 2) je opatřena masivními dvířky, která zároveň slouží pro uzavření bubnu i svrchního krytu pračky. Toto řešení je nejrozšířenější mezi domácími pračkami.



Obr. 2 Domácí pračka s předním plněním z přední části bubnu [10]

2.1.2 Pračky s předním plněním z boční části bubnu (radiální plnění)

Toto řešení (obr. 3) se používá u průmyslových bariérových praček zejména pro svou konstrukci, která je vhodná do hygienických prádeln, kde jsou pračky postaveny v řadě vedle sebe a je k nim přístup z obou stran.



Obr. 3 Hygienická bariérová pračka s předním plněním z boku bubnu [11]

2.1.3 Pračky s vrchním plněním z přední části bubnu (axiální plnění)

Toto provedení způsobu plnění prádlem je nejméně známé. Navrhují ho některé cizí firmy vyrábějící automatické prací stroje pro domácí použití, například firma Haier. Na vrchní straně pračky jsou dvířka, většinou průhledná, která slouží pro uzavření bubnu a zároveň uzavření svrchního krytu pračky.



Obr. 4 Domácí pračka značky Haier s vrchním plněním z přední části bubnu [12]

2.1.4 Pračky s vrchním plněním z boční části bubnu (radiální plnění)

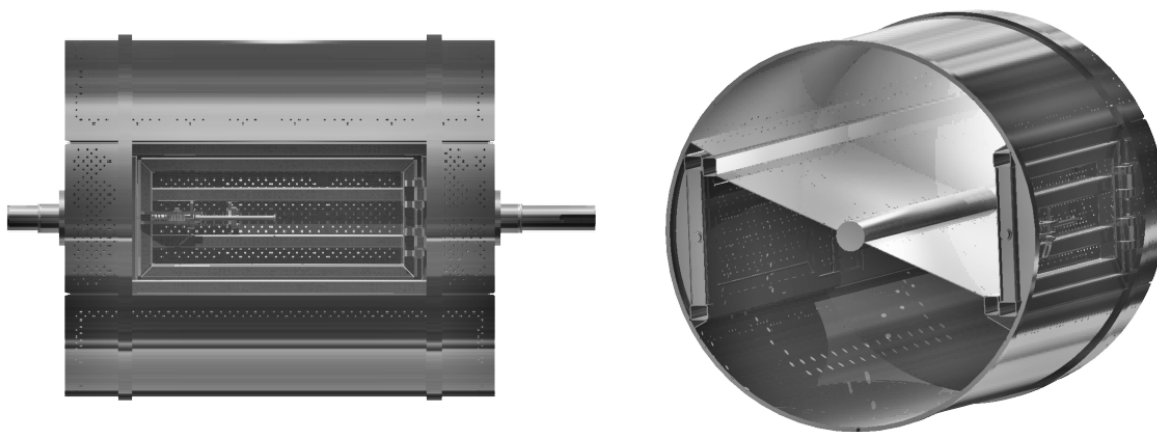
Automatická pračka pro domácí použití (obr. 5) má dvoje dvířka. Svrchní dvířka slouží k přístupu k bubnu pračky, který se pak otevírá zvlášť. Je to druhé nejčastější provedení.



Obr. 5 Domácí pračka s vrchním plněním z boční části bubnu [13]

3 Současné provedení zámku dvířek

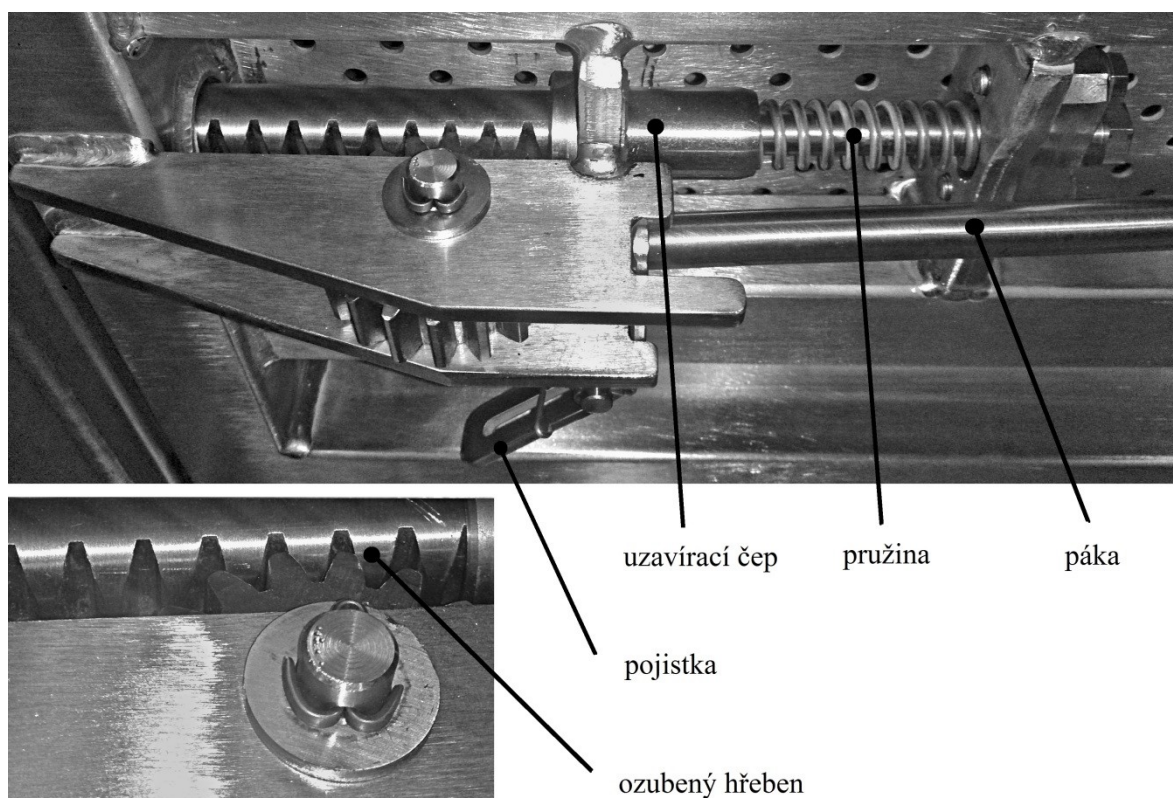
Průmyslová hygienická bariérová pračka MB 90 má dvoukomorový buben, dvířka bubnu jsou tedy dvoje (obr. 6). Dvířka jsou svařená z děrovaného nerezového plechu a profilů čtvercového a obdélníkového průřezu a jsou uchycená ve dvou dveřních závěsech (pantech) (obr. 7) umístěných na kratší straně dvířek. Současný zámek na dvířkách se ovládá pákou, která je zajištěná pojistkou proti otevření během provozu. Tato páka se ovládá tahem volného konce směrem k obsluze. Na opačném konci je páka opatřena ozubeným kolem, které se při pohybu pákou odvaluje v ozubeném hřebenu, jímž je opatřený uzavírací čep a tímto ho vysouvá ven. Stabilní polohu uzavíracího čepu zajišťuje tlačná pružina (obr. 8). Uzavírací čep se zasouvá do otvoru v rámu dvířek a zamezuje otevření dvířek během pracího cyklu.



Obr. 6 Buben pračky – průřez



Obr. 7 Dvířka pračky



Obr. 8 Mechanismus současného zámku, popis částí

3.1 Nevýhody současného provedení

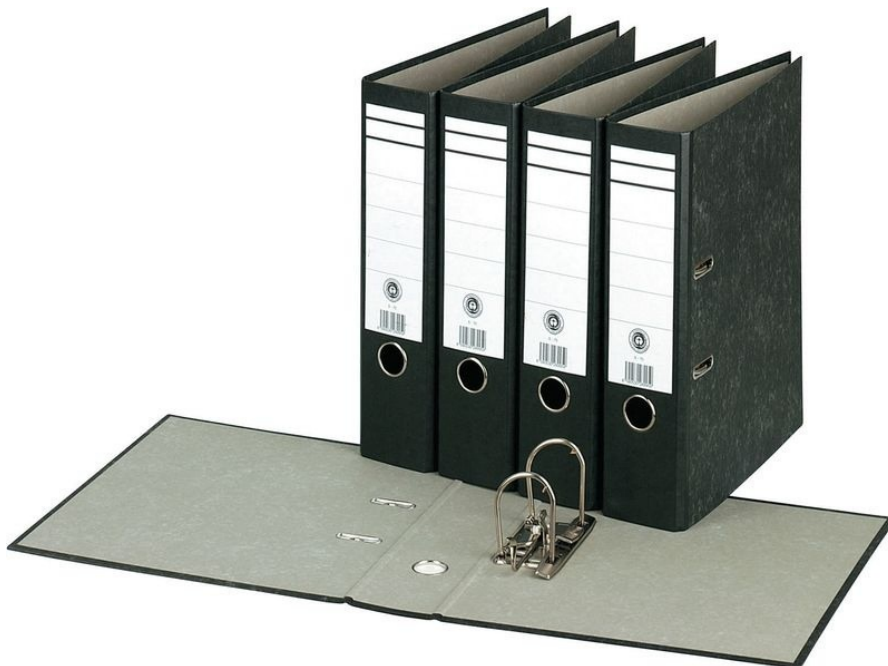
Jednou z nevýhod současného provedení je, že k ovládní zámku je potřeba použít obě ruce, jelikož jednou rukou je potřeba uvolnit pojistku a druhou rukou přitáhnout páku směrem k sobě. Další nevýhodou je použití ozubeného převodu. Nejen, že je finančně nákladné na výrobu, ale jelikož jsou ozubené kolo a hřeben z nerezové oceli, dochází mezi nimi při odvalování k otěru a mechanismus se zadírá.

Současné provedení zámku je také poměrně předimenzované a tím pádem zbytečně těžké. Dalším důvodem tohoto návrhu je fakt, že se stávající provedení zámku u tohoto typu praček vyrábí v nezměněné podobě již řadu let a firma by uvítala inovaci.

4 Návrh nového provedení zámku

Při navrhování nového konstrukčního řešení jsem se snažila vycházet především z nevýhod stávajícího provedení. Jako nejdůležitější cíl jsem si stanovila ovládání jednou rukou. Aby to bylo možné, musela jsem vymyslet zámek, který nepotřebuje jištění proti otevírání ovládané druhou rukou, jak tomu je u stávajícího provedení. Z tohoto důvodu jsem si stanovila druhý cíl a tím bylo vytvořit zámek, který k jištění své polohy bude využívat odstředivé síly, z toho plyne, že žádná pojistka, která by se ovládala druhou rukou, nebude nutná.

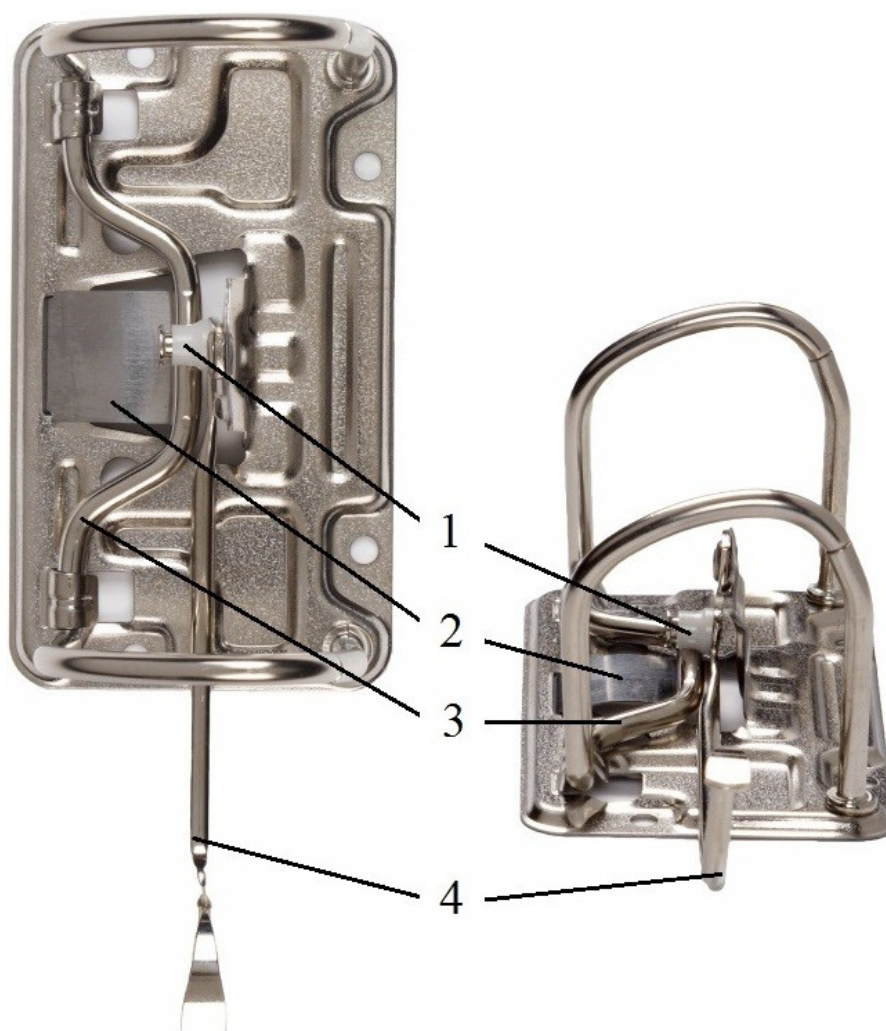
Mou inspirací při tvorbě principu nového zámku byl pákový mechanismus, který se nachází v kartónových pořadačích (obr. 9).



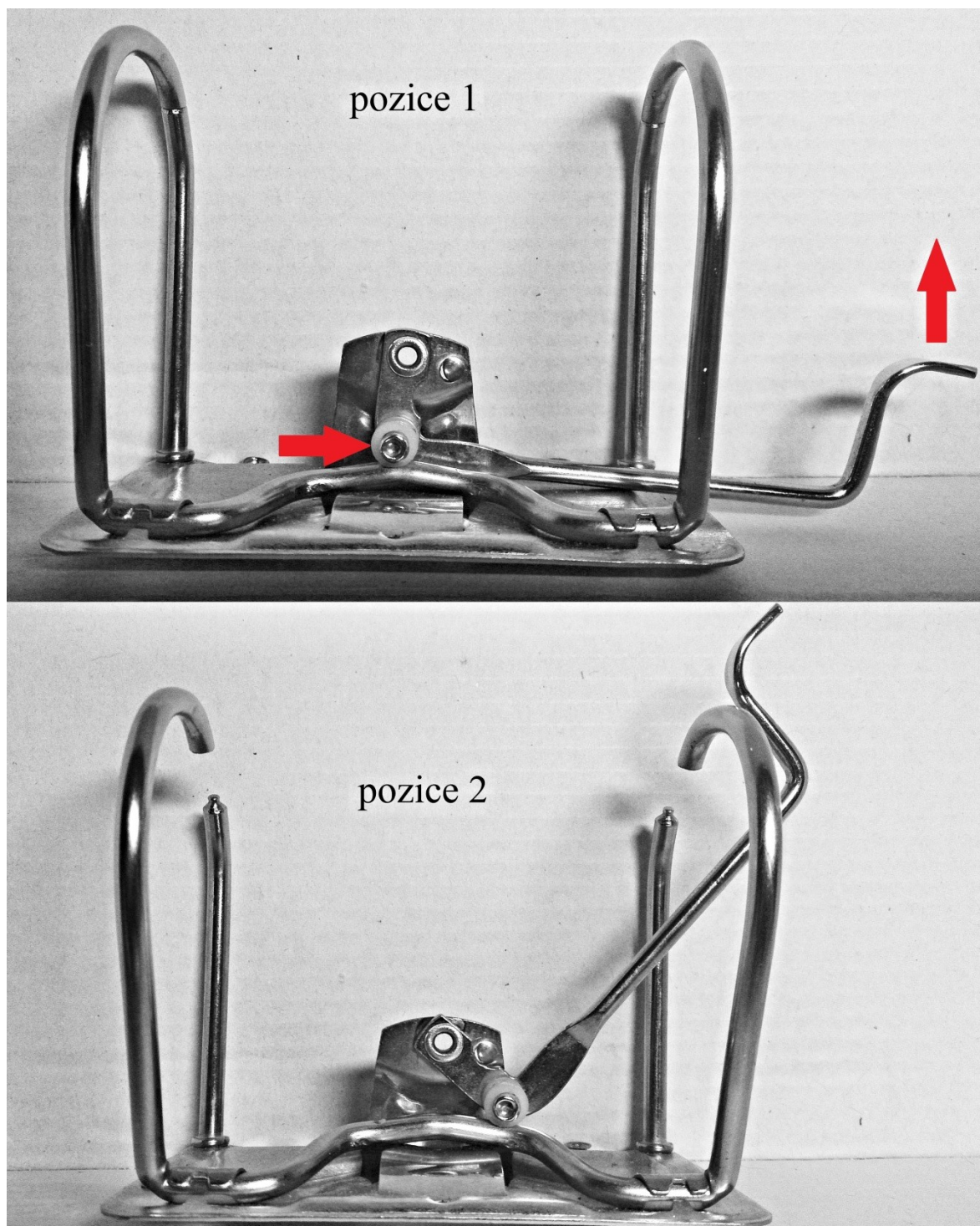
Obr. 9 Kartónové pořadače s pákovým mechanismem [14]

4.1 Funkce pákového mechanismu

Pákový mechanismus, který se nachází v kartónových pořadačích (obr. 9), funguje na principu pružnosti materiálu. Ve spodní části mechanismu je uchycená malá plechová pružina (2), která nadzvedává ohnutý drát (3), jenž je otočně uchycen na okrajích tak, aby se při pootáčení mohla střední prohnutá část drátu pohybovat směrem nahoru a zpět. Pohyb tohoto drátu sleduje malá kladka (rolka) (1). Tento drát vlivem přitlaku plechové pružiny působí silou na rolku, která se v pozici 1 na obr. 11 nachází v místě vlevo od vrcholu drátu. Aby se rolka posunula doprava na pozici 2, musí přejet přes vrchol drátu a tím překonat sílu, kterou vytváří plechová pružina. Tuto sílu vyvineme rukou pohybem páky směrem nahoru. Jednotlivé části a znázornění pohybu je na obrázcích níže (obr. 10 a 11).



Obr. 10 Popis jednotlivých částí mechanismu (1 – rolka, 2 – plechová pružina, 3 – ohnutý drát, 4 – páka) [15]

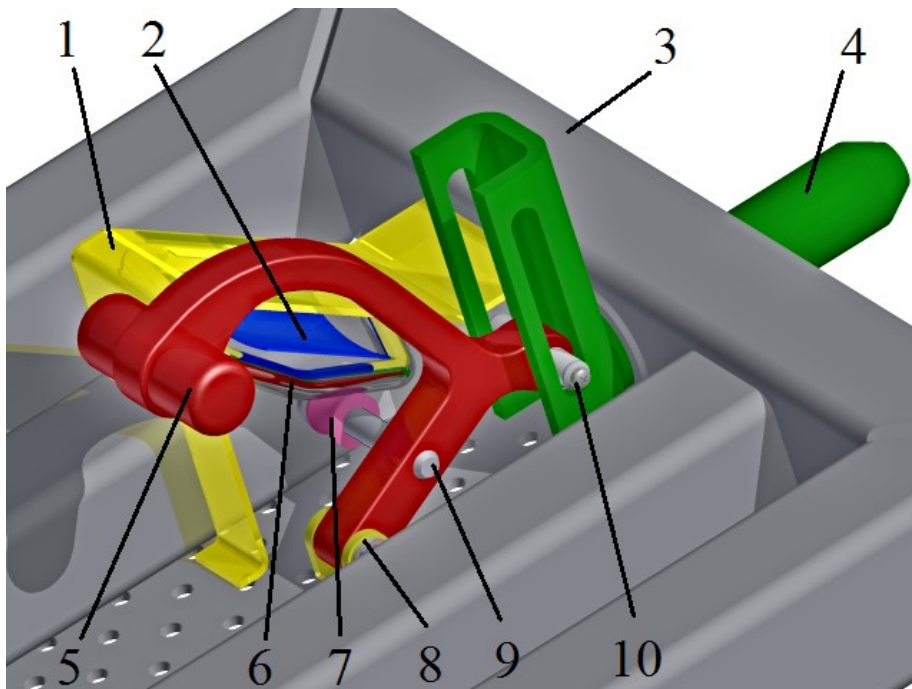


Obr. 11 Schéma pohybu pákového mechanismu

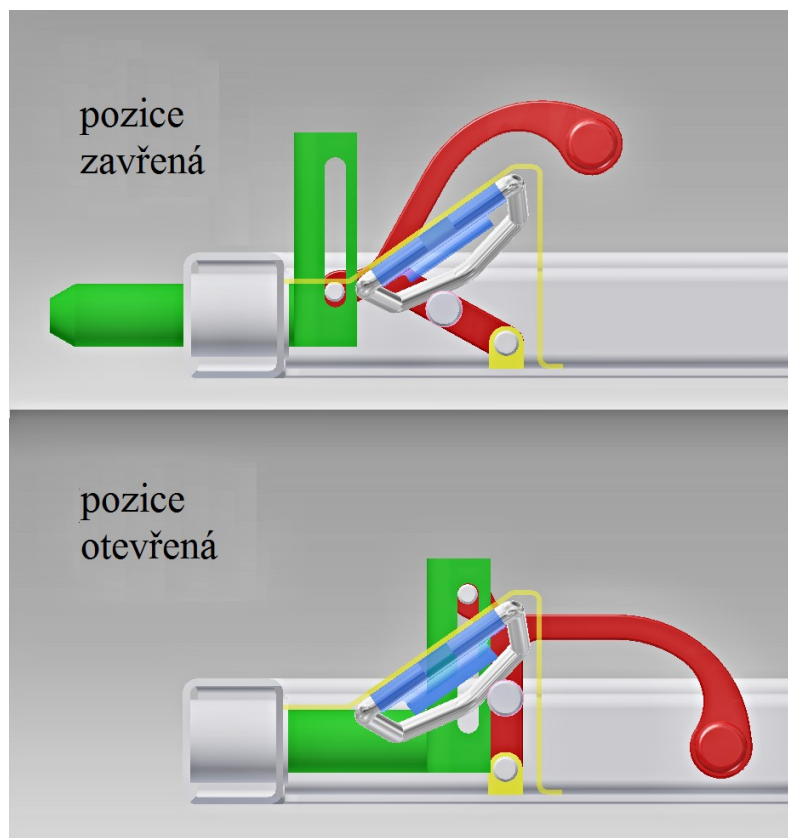
4.2 Použití pákového mechanismu v zámku

Funkce navrhnutého zámku dveřík (obr. 12) spočívá na principu výše uvedeného pákového mechanismu. Pohyb uzavíracího čepu je závislý na pohybu páky. Aby tento pohyb byl možný, je na konci uzavíracího čepu přivařená tyč profilu U, která má po stranách vyfrézovanou drážku, v níž se pohybuje čep s otočnými kluznými pouzdry, který je vetknutý v páce. Tento pohyb je založen na principu kulisového mechanismu. Uprostřed páky je vetknutý čep, který slouží k uchycení rolky, která během pohybu páky přejíždí přes vrchol ohnutého drátu. Ten vlivem působení síly z plechové pružiny působí silou na rolku a tak ji zajišťuje proti pohybu v krajních polohách při zavření a otevření. Kromě toho zavřenou polohu zajišťuje navíc odstředivá síla, která při praní i odstředování tlačí páku směrem ven, a tím mechanismus stále dovírá. Páka je otočně uchycena pomocí čepu s kluzným pouzdrem. Pro představu o rozměrech mechanismu zámku je uveden rozměr uzavíracího čepu (pozice 4) - průměr 25 mm.

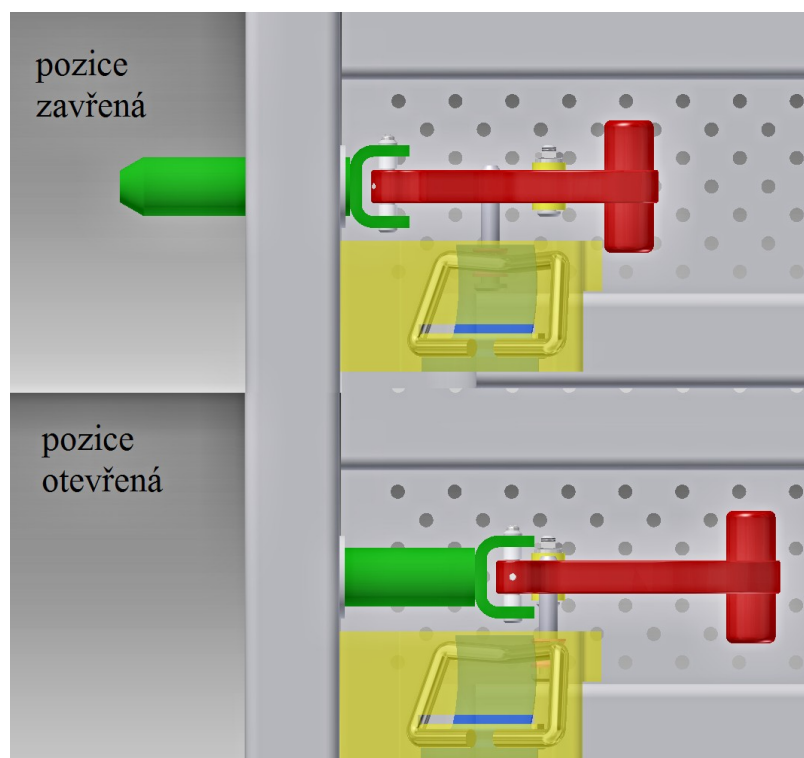
Výhodou tohoto mechanismu je ovládání jednou rukou, vysoká tuhost soustavy, poměrně levná výroba komponentů s využitím sortimentu firmou již používaného u jiných typů praček. V neposlední řadě je předností tohoto řešení poměrně malá potřebná síla k ovládání páky rukou.



Obr. 12 Návrh zámku – popis jednotlivých částí (1 – nosník pružinového mechanismu, 2 – plechová pružina, 3 – rám dveří, 4 – uzavírací čep, 5 – páka, 6 – ohnutý drát, 7- rolka, 8 – otočný čep páky s kluzným pouzdrem, 9 – čep 2 k uchycení rolky, 10 – čep s kluznými pouzdry)



Obr. 13 Pohyb uzavíracího čepu zámku (průměr 25 mm) – pohled zdola (směrem od podlahy)



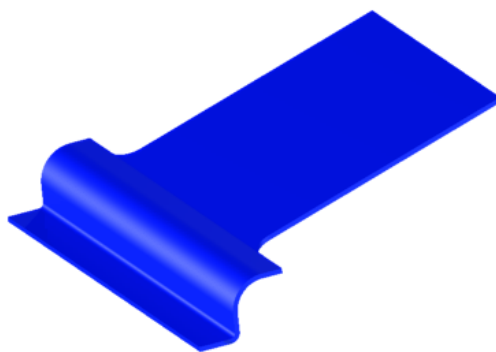
Obr. 14 Pohyb zámku – pohled shora (ze strany obsluhy)

5 Výpočty

Výpočty slouží ke kontrole všech namáhaných součástí a k určení potřebných sil včetně síly potřebné pro pohyb páky ovládané rukou.

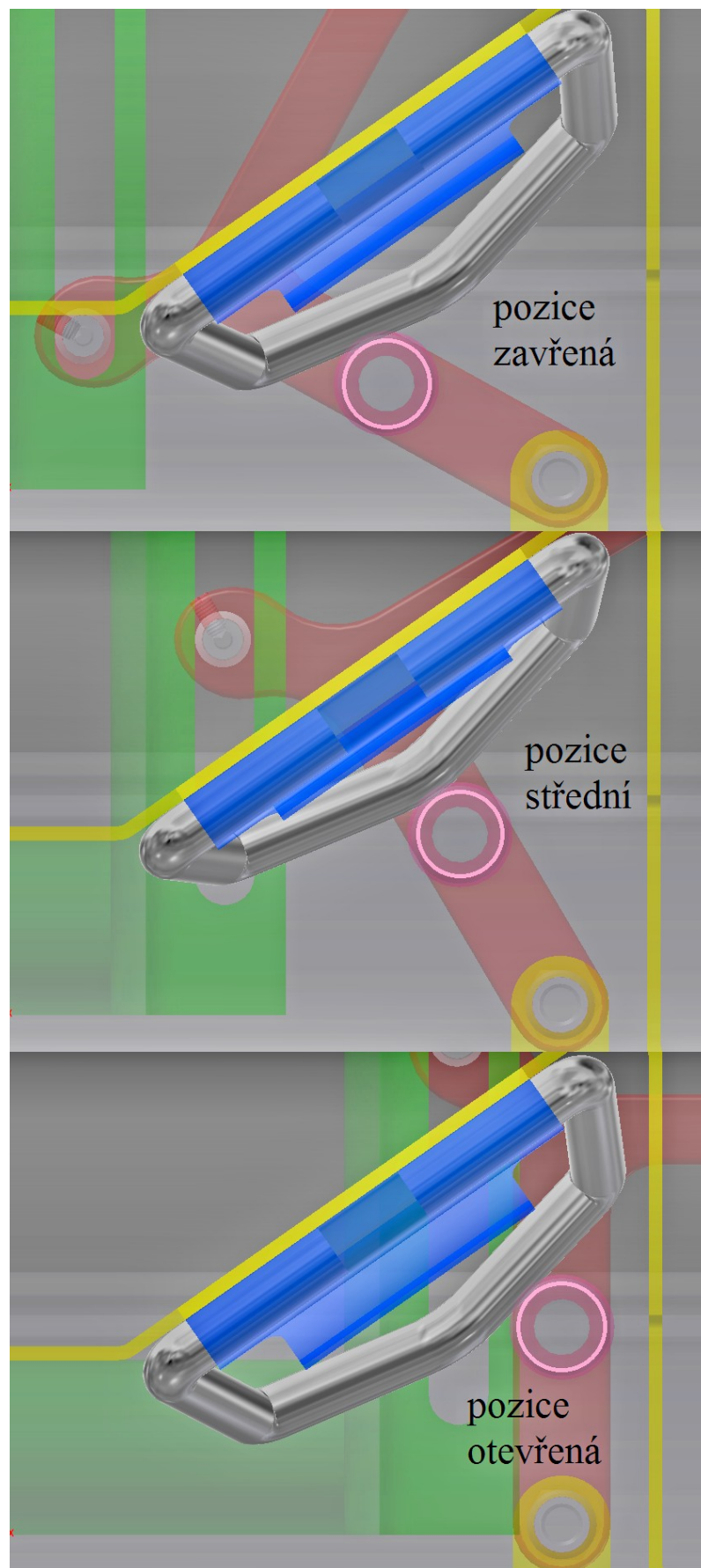
5.1 Plechová pružina

Plechová pružina (obr. 15) je z nerezové oceli. Je vyrobena z ohýbaného plechu o tloušťce 0,7 mm. Je bodově přivařena k nosníku pružinového mechanismu, který tvoří nosný rám pro celý pružinový mechanismus (obr. 12, pozice 1). Plechová pružina je namáhána na ohyb.

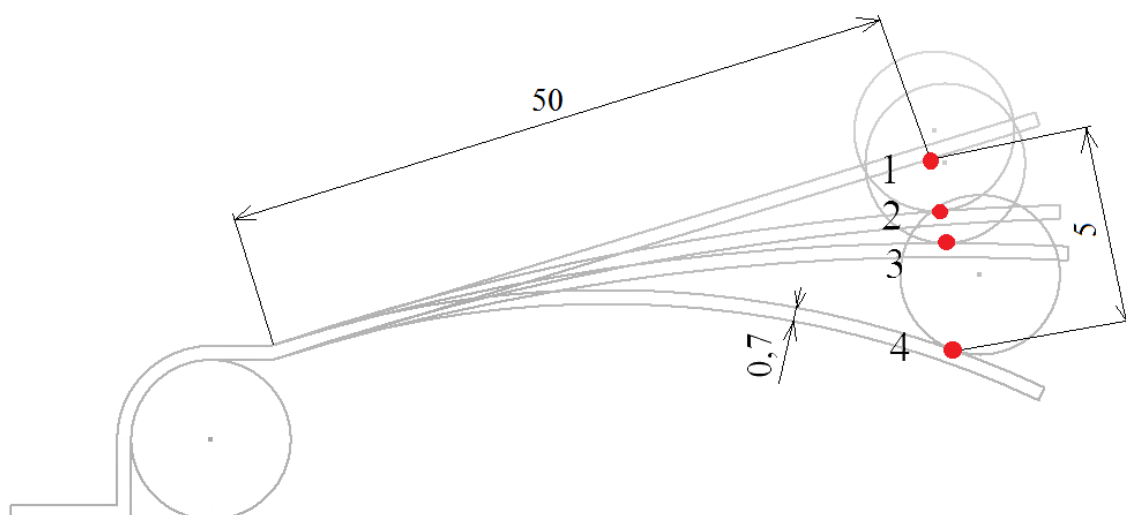


Obr. 15 Plechová pružina

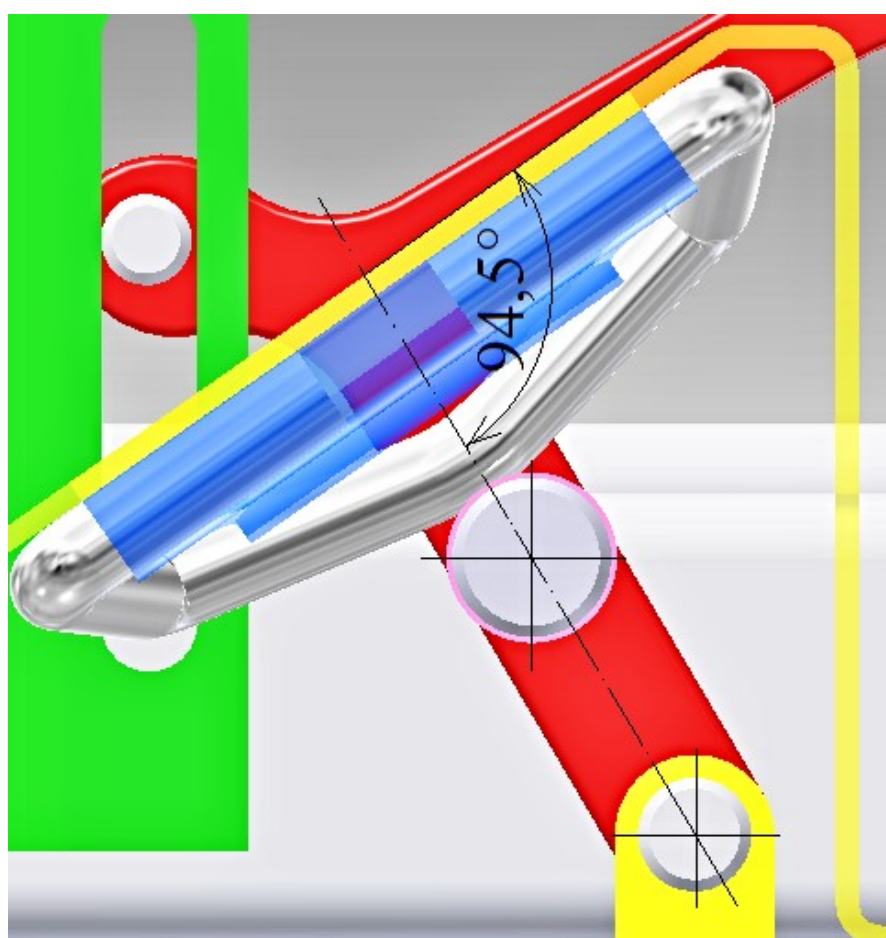
Podle následujících obrázků 16 a 17, které znázorňují pohyb rolky po ohnutém drátu ve 3 krocích, lze určit největší průhyb plechové pružiny. Rolka nestlačuje pružinu v otevřené poloze stejně velkou silou jako v uzavřené poloze. Je tomu tak, protože otočná osa ohnutého drátu není kolmá na osu páky ve střední pozici (obr. 18). To způsobuje, že uzavřená pozice bude nepatrně tužší a stabilnější než otevřená pozice, protože plechová pružina bude více stlačená a bude klást větší odpor.



Obr. 16 Pohyb rolky – pohled zdola



Obr. 17 Kinematické schéma průběhu deformace pružiny znázorněné ve 4 pozicích (1 – neohnutá pružina, 2 – ohnutá pružina v otevřené pozici, 3 – ohnutá pružina v zavřené pozici, 4 – ohnutá pružina ve střední pozici). Maximální hodnota průhybu je 5 mm.



Obr. 18 Znáznornění různoběžnosti mezi osou páky a otočnou osou ohnutého drátu

Parametry: $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ - modul pružnosti v tahu
 $L = 50 \text{ mm}, B = 60 \text{ mm}, y = 5 \text{ mm}, h = 0,7 \text{ mm}$ (obr. 19)

Kvadratický moment:

$$I = \frac{B \cdot h^3}{12} = \frac{60 \cdot 0,7^3}{12} = 1,715 \text{ mm}^4 \quad (1)$$

Velikost síly F_p (obr. 19) je přímo úměrná velikosti průhybu pružiny, který sama způsobuje. Jedná se o řešení průhybu vetknutého nosníku [5]:

$$F_p = \frac{y \cdot 3 \cdot E \cdot I}{L^3} = \frac{5 \cdot 3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,715}{50^3} = 43,22 \text{ N} \quad (2)$$

Síla působící na pružinu působí zároveň na rolku i drát.

Maximální ohybový moment v místě vetknutí pružiny:

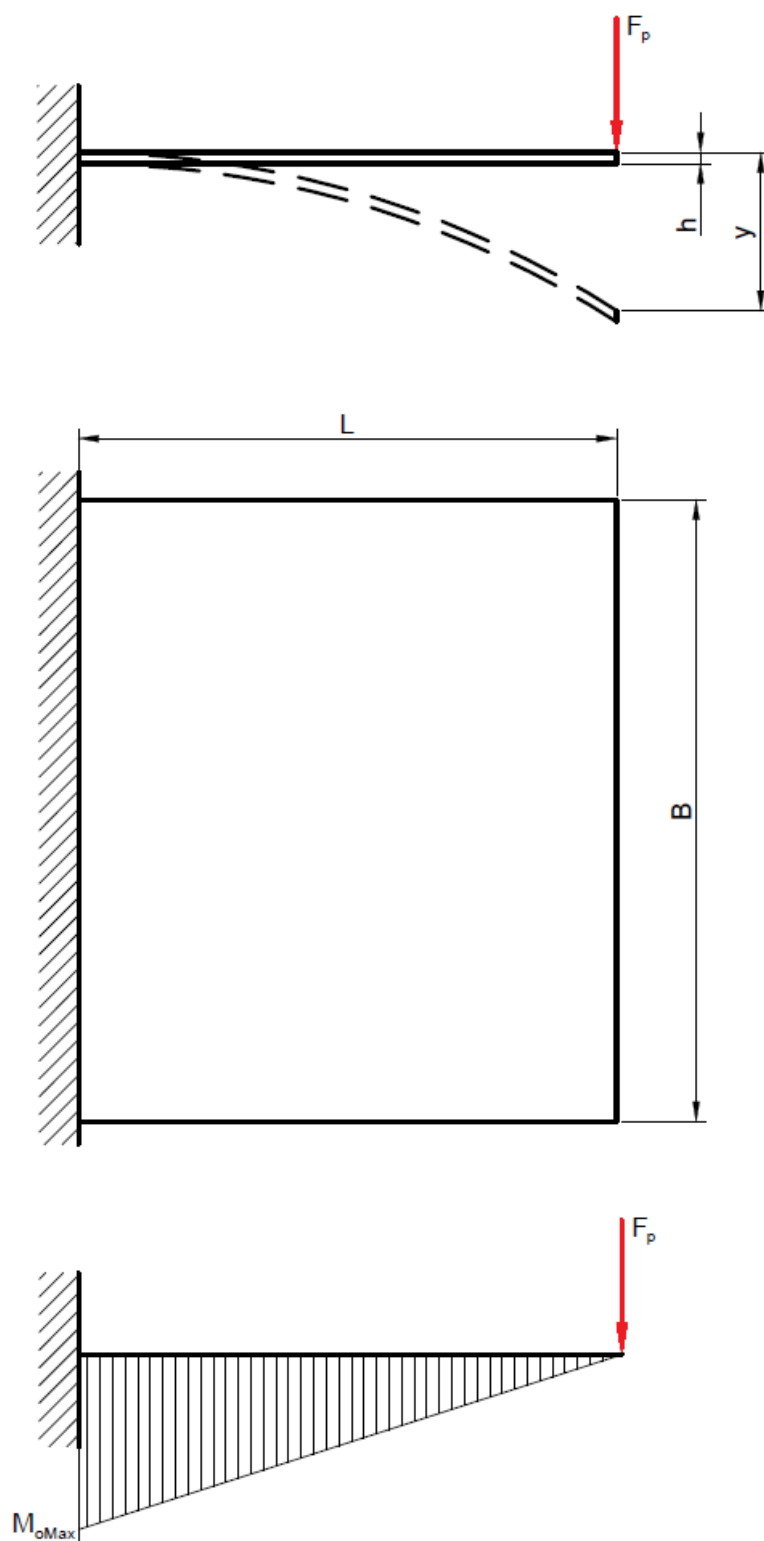
$$M_{oMax} = F_p \cdot L = 43,22 \cdot 50 = 2160,9 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3)$$

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_{oMax}}{W_o} = \frac{M_{oMax}}{\frac{B \cdot h^2}{6}} = \frac{2160,9}{\frac{60 \cdot 0,7^2}{6}} = 441,0 \text{ MPa} \quad (4)$$

Materiál pružiny 17 351.4 - mez kluzu $Re = 820 \text{ MPa}$, mez pevnosti $Rm = 1080 \text{ MPa}$.

Vzhledem k použitému materiálu pružiny napětí ze vztahu (4) vyhovuje, bezpečnost k mezi kluzu vychází 1,86.



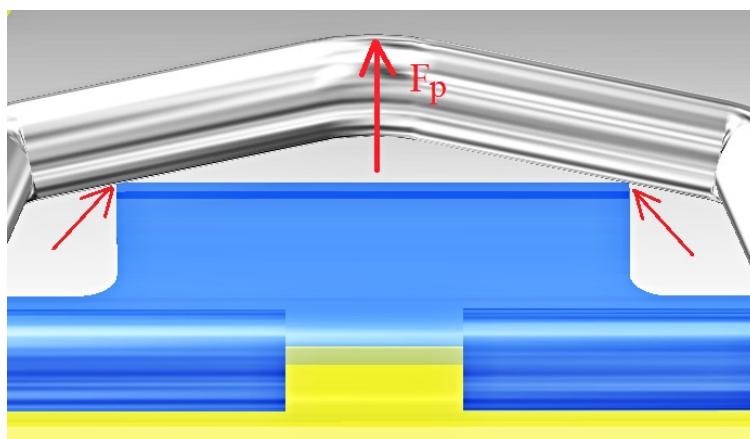
Obr. 19 Schéma a rozměry pružiny a průběh ohybového momentu

5.2 Ohnutý drát

Ohnutý drát (obr. 20) přenáší sílu z rolky na plechovou pružinu a naopak. Má průměr 8 mm a je z nerezové oceli. Je otočně uchycený mezi plechovou pružinou a ohnutým plechem, který drží pružinový mechanismus. Drát je namáhán na otlačení od plechové pružiny, která se do něj opírá zespod ve dvou bodech (obr. 21).



Obr. 20 Ohnutý drát



Obr. 21 Body dotyku mezi plechovou pružinou a ohnutým drátem

Parametry: $S = 1 \text{ mm}^2$, $F_p = 43,22 \text{ N}$, $p_d = 50 \text{ MPa}$ [7].

Velikost dotykové plochy S je určena odhadem.

Materiál drátu 17 021.6 - mez kluzu $Re = 360 \text{ MPa}$, mez pevnosti $Rm = 640 \text{ MPa}$ [5].

Velikost otlačení:

$$p = \frac{F_p}{2 \cdot S} = \frac{43,22}{2 \cdot 1} = 21,61 \text{ MPa} \quad (5)$$
$$p < p_d$$

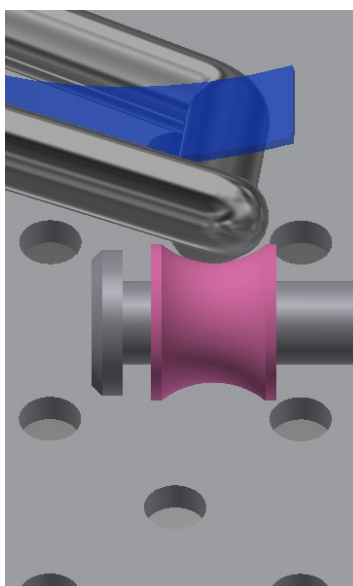
Navržené součásti z hlediska otlačení vyhovují. Bezpečnost k mezi kluzu v místě dotyku drátu a pružiny vychází 16,6.

5.3 Rolka

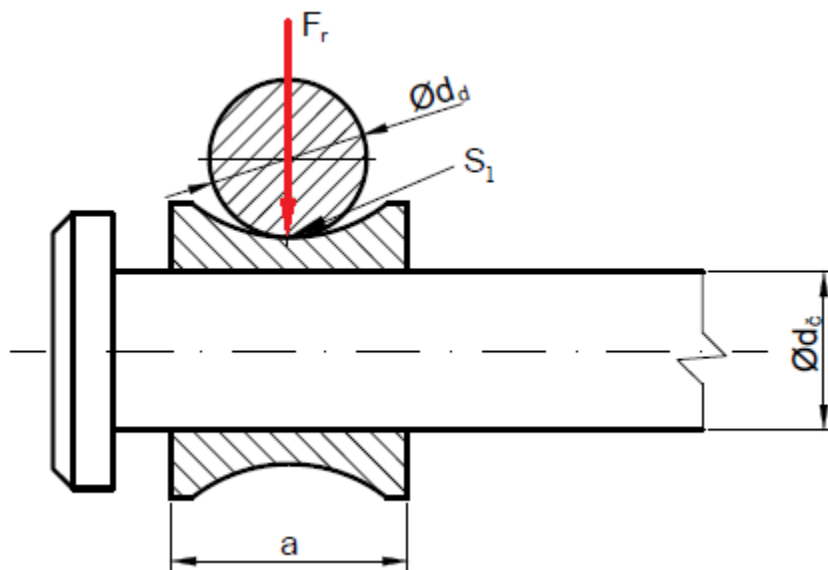
Rolka (obr. 22) je umístěna na prostředním čepu, který je vetknutý v páce. Je volně otočná a posuvná. Pomocí otáčivého pohybu páky působí silou na ohnutý drát. Rolka je z materiálu zvaný Ertacetal C [8], což je typ technického plastu, který má vysokou mechanickou pevnost, tuhost a tvrdost. Má dobré kluzné vlastnosti a je vhodný do mokrého a chemického prostředí a vysokých teplot. Tento materiál byl zvolen z důvodu, aby se rolka hladce odvalovala po ohnutém drátu. Rolka je namáhána na otláčení o ohnutý drát a o čep (obr. 23, 24).



Obr. 22 Rolka



Obr. 23 Dotyk mezi rolkou a ohnutým drátem



Obr. 24 Schéma rolky

Parametry: $S_1 = 2 \text{ mm}^2$, $F_r = 43,22 \text{ N}$, $p_d = 68 \text{ MPa}$ [8], $a = 12 \text{ mm}$, $d_d = 8 \text{ mm}$, $d_č = 8 \text{ mm}$

Velikost otlačení mezi rolkou a drátem:

Velikost dotykové plochy $S_1 = 2 \text{ mm}^2$ je určena odhadem.

$$p = \frac{F_r}{S} = \frac{43,22}{2} = 21,61 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$p < p_d$$

Velikost plochy mezi rolkou a čepem:

$$S_2 = d_č \cdot a = 8 \cdot 12 = 96 \text{ mm}^2 \quad (7)$$

Velikost otlačení mezi rolkou a čepem:

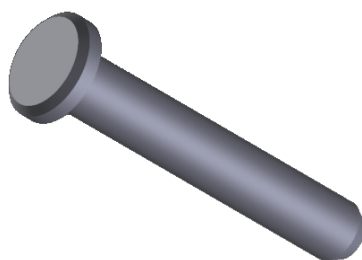
$$p = \frac{F_r}{S_2} = \frac{43,22}{96} = 0,45 \text{ MPa} \quad (8)$$

$$p < p_d$$

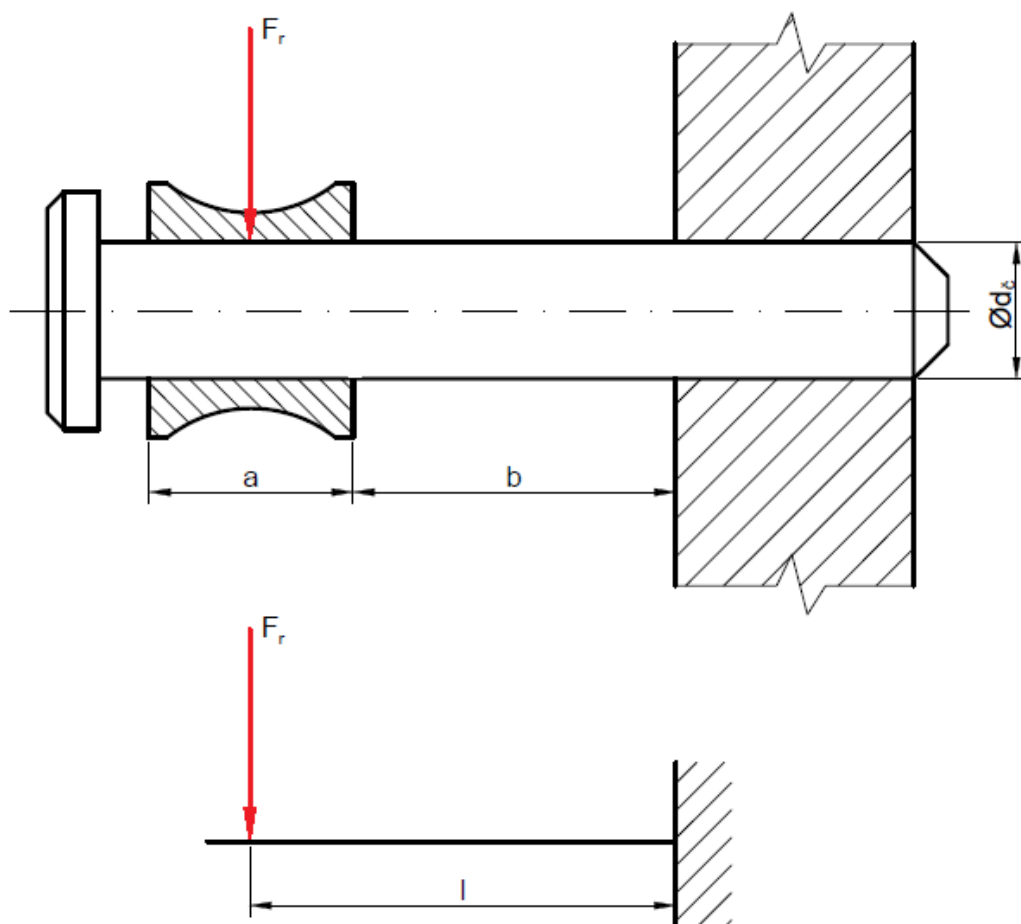
Tlak mezi rolkou a drátem vyhovuje.

5.4 Čep rolky

Čep rolky (obr. 25) je pevně uchycen uprostřed páky. Slouží jen pro přenos síly ruky z páky na rolku, která stlačuje drát s pružinou. Je z nerezové oceli a je namáhán na ohyb. K největšímu napětí v ohybu dochází, když je páka ve střední poloze. V tom momentu rolka tlačí na vrchol drátu silou F_r a nachází se od páky ve vzdálenosti b (obr. 26).



Obr. 25 Čep rolky – průměr 8 mm



Obr. 26 Schéma čepu rolky

Parametry k následujícím výpočtům (obr. 26): $a = 12 \text{ mm}$, $b = 15 \text{ mm}$, $d_{\check{c}} = 8 \text{ mm}$,
 $F_r = 43,22 \text{ N}$, $k = 2$, $Re = 275 \text{ MPa}$

Vzdálenost síly od páky:

$$l = \frac{a}{2} + b = \frac{12}{2} + 15 = 21 \text{ mm} \quad (9)$$

Dovolené napětí v ohybu:

$$\sigma_{do} = \frac{R_e}{k} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ MPa} \quad (10)$$

Napětí v ohybu:

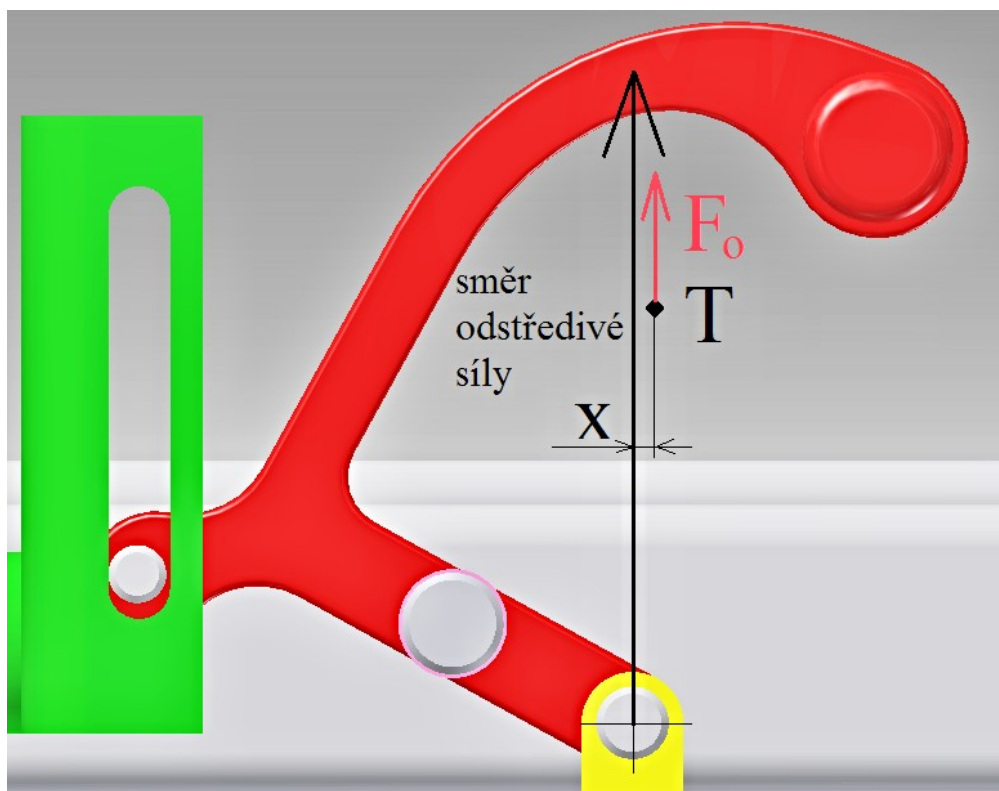
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_r \cdot l}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \frac{43,22 \cdot 21}{\frac{\pi \cdot 8^3}{32}} = 18,06 \text{ MPa} \quad (11)$$

$$\sigma_o < \sigma_{do}$$

Návrh čepu rolky vyhovuje.

5.5 Páka

Páka slouží k ovládání celého mechanismu. Je vyrobená z nerezové oceli, vypálená z plechu tloušťky 14 mm. Do konce páky je příčně vložen čep většího průměru, aby se posunulo těžiště páky tak, že se páka vlivem odstředivé síly sama zvedá a tím neustále dovírá dvířka (viz obr. 27 a následující výpočty). Toho je dosaženo tak, že těžiště leží na přímce nebo napravo od přímky, která znázorňuje směr odstředivé síly od otočného bodu páky. Uchycení páky zajišťuje otočný čep s kluzným pouzdem. Konkrétní poloha těžiště uvedená na obr. 27 je určena v programu Autodesk Inventor.



Obr. 27 Zobrazení těžiště a odstředivé síly

Odstředivá síla páky:

$$F_o = m \cdot a = m \cdot 5 \cdot g = 0,51 \cdot 5 \cdot 9,81 = 25 \text{ N} \quad (12)$$

kde $m = 0,51 \text{ kg}$ - hmotnost páky včetně čepů
 $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ - gravitační zrychlení

Při odstřed'ování dosahuje zrychlení hodnoty 5g (informace dodaná výrobcem),
 hmotnost páky včetně čepů $m = 0,51 \text{ kg}$.

Dovírací moment páky při odstřed'ování:

$$M_u = F_o \cdot x = 25 \cdot 1,5 = 37,5 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (13)$$

kde $x = 1,5 \text{ mm}$ - vzdálenost těžiště od přímky znázorňující směr odstředivé síly
 $F_o = 25 \text{ N}$ - odstředivá síla

Potřebná síla ruky:

Parametry pro výpočet: $F_r = 43,22 \text{ N}$

$$\alpha = 38,5^\circ$$

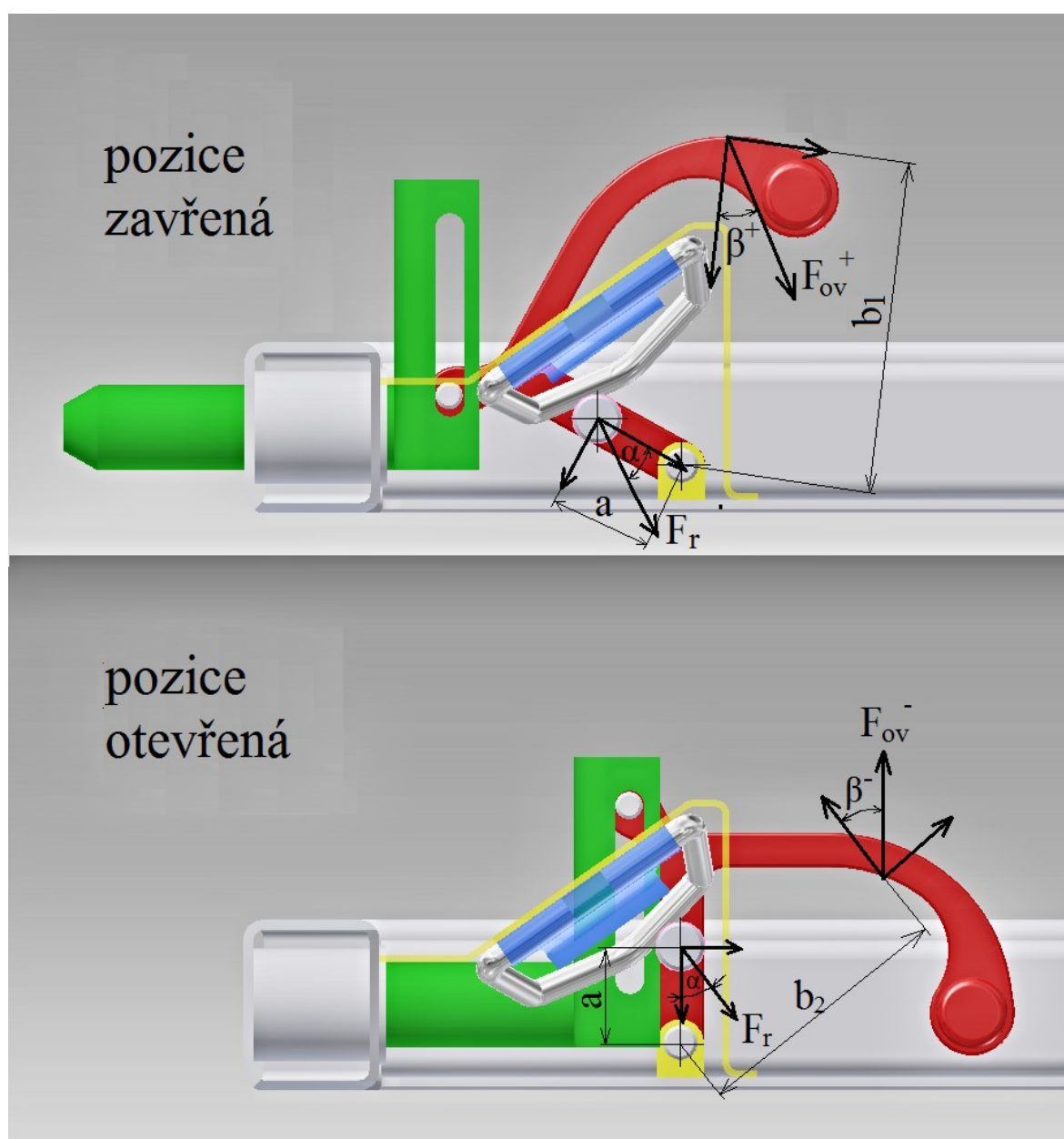
$$\beta^+ = 30^\circ$$

$$\beta^- = 35^\circ$$

$$a = 28,2 \text{ mm}$$

$$b_1 = 91,1 \text{ mm}$$

$$b_2 = 52 \text{ mm}$$



Obr. 28 Schéma sil při otvírání (nahore) a zavírání (dole) dvířek

Síla při otevírání:

$$F_{ov}^+ = \frac{F_r \cdot \sin(\alpha) \cdot a}{\sin(\beta^+) \cdot b_1} = \frac{43,22 \cdot \sin(38,5) \cdot 28,2}{\sin(30) \cdot 91,1} = 16,66 \text{ N} \quad (14)$$

Síla při zavírání:

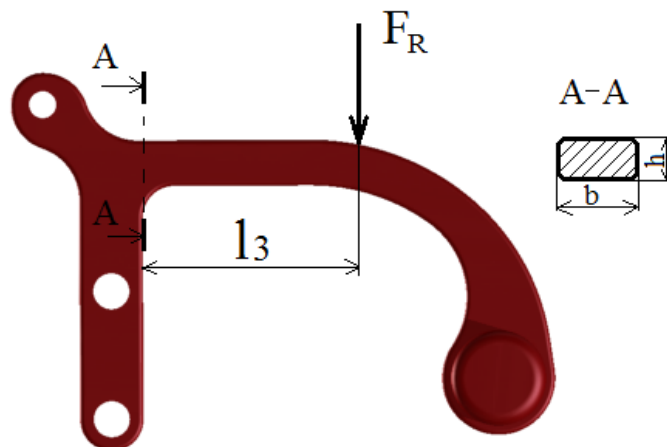
$$F_{ov}^- = \frac{F_r \cdot \sin(\alpha) \cdot a}{\cos(\beta^-) \cdot b_2} = \frac{43,22 \cdot \sin(38,5) \cdot 28,2}{\cos(35) \cdot 52} = 17,81 \text{ N} \quad (15)$$

Následuje pevnostní kontrola průřezu páky při působení rukou silou F_R (= síla při zavírání F_{ov}^-):

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_R \cdot l_3}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{17,81 \cdot 45}{\frac{13 \cdot 9^2}{6}} = 4,57 \text{ MPa} \quad (16)$$

$$\sigma_o < \sigma_{do}$$



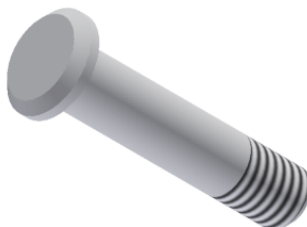
Obr. 29 Schéma síly ruky a kontrolovaný průřez

kde $l_3 = 45 \text{ mm}$, $b = 13 \text{ mm}$, $h = 9 \text{ mm}$ (rozměry b a h volím o 1 mm menší kvůli zaoblení), $\sigma_{do} = 137,5 \text{ MPa}$ (vzorec 10)

Návrh páky vyhovuje.

5.6 Čep v uchycení páky (otočný čep páky)

Čep (obr. 30) se nachází v otočném bodě páky a slouží k jejímu uchycení. Je namáhán na ohyb při otevírání a zavírání dveří, z toho více při zavírání ($F_{ov} = 17,81 \text{ N}$) (obr. 28). Je z nerezové oceli o průměru 6 mm a na něm je nasunuto kluzné pouzdro. Na konci čepu je závit, který slouží k zajištění čepu proti vysunutí pomocí matice (obr. 31).



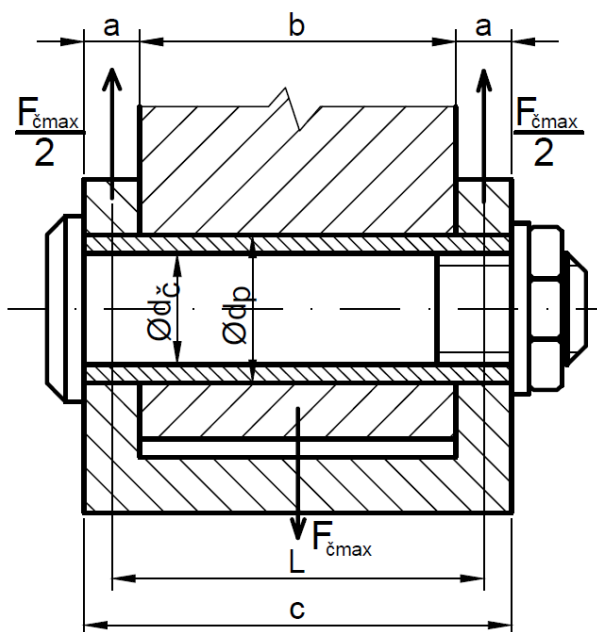
Obr. 30 Čep – průměr 6 mm

Parametry:

- $a = 3 \text{ mm}$
- $b = 14 \text{ mm}$
- $c = 20 \text{ mm}$
- $d_{\check{c}} = 6 \text{ mm}$

Výpočet vzdálenosti podpor:

$$L = \frac{a}{2} + b + \frac{a}{2} = \frac{3}{2} + 14 + \frac{3}{2} = 17 \text{ mm} \quad (17)$$



Obr. 31 Schéma čepu v uchycení

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{L}{2} \cdot \frac{F_{\check{c}max}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \frac{\frac{17}{2} \cdot \frac{40,96}{2}}{\frac{\pi \cdot 6^3}{32}} = 2,21 \text{ MPa} \quad (18)$$

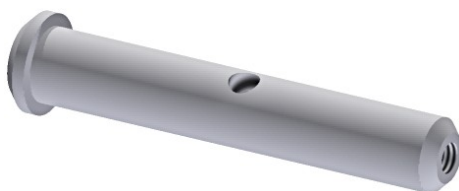
$$\sigma_o < \sigma_{do}$$

kde $\sigma_{do} = 137,5 \text{ MPa}$ (vzorec 10), síla $F_{\check{c}max} = 40,96 \text{ N}$ byla spočítána z výslednic sil namáhajících čep při ovládání páky. Větší ze sil vychází při otevírání dvířek. Výslednice byla vypočtena pomocí Kosinové věty.

Návrh čepu vyhovuje.

5.7 Čep v drážce

Čep (obr. 32), který se nachází v drážce uzavíracího čepu, je z nerezové oceli. Je upevněn v páce pomocí stavěcího šroubu a má na sobě nasunutá dvě kluzná pouzdra proti zadírání v drážce. Je namáhán na ohyb od zatížení prádlem na dvířka, zejména při odstředování.



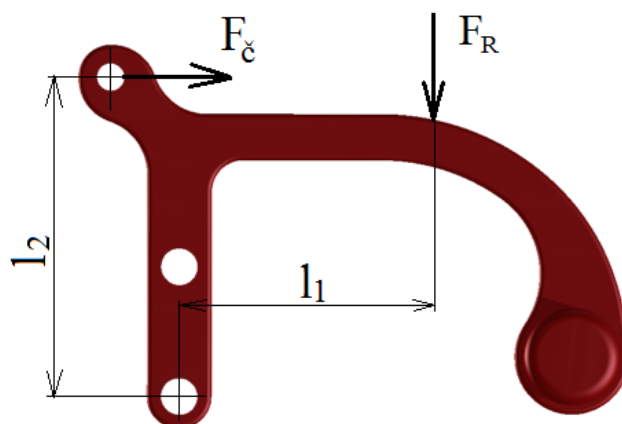
Obr. 32 Čep – průměr 6 mm

Výpočet síly v čepu:

Parametry: $l_1 = 52 \text{ mm}$, $l_2 = 69,4 \text{ mm}$, $F_R = 17,81 \text{ N}$ – síla ruky

$$F_R \cdot l_1 = F_{\check{c}} \cdot l_2 \quad (19)$$

$$\rightarrow F_{\check{c}} = \frac{F_R \cdot l_1}{l_2} = \frac{17,81 \cdot 52}{69,4} = 13,34 \text{ N} \quad (20)$$

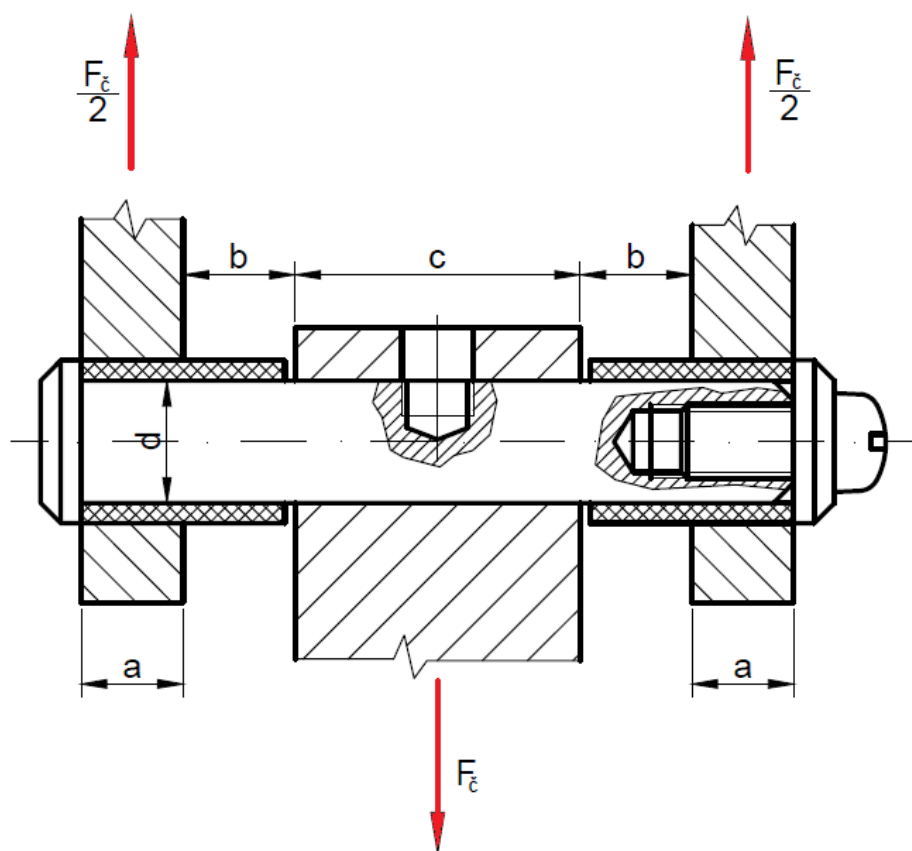


Obr. 33 Síly v páče

Rameno ohybu:

Parametry (obr. 34): $a = 5 \text{ mm}$, $b = 5,5 \text{ mm}$, $c = 14 \text{ mm}$, $d = 6 \text{ mm}$

$$l = \frac{a}{2} + b + \frac{c}{2} = \frac{5}{2} + 5,5 + \frac{14}{2} = 15 \text{ mm} \quad (21)$$



Obr. 34 Schéma čepu v drážce

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{\check{c}} \cdot l}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{13,34 \cdot 15}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^3}{32}} = 4,72 \text{ MPa} \quad (22)$$

$$\sigma_o < \sigma_{do}$$

kde dovolené napětí v ohybu $\sigma_{do} = 137,5 \text{ MPa}$

Návrh čepu v drážce vyhovuje.

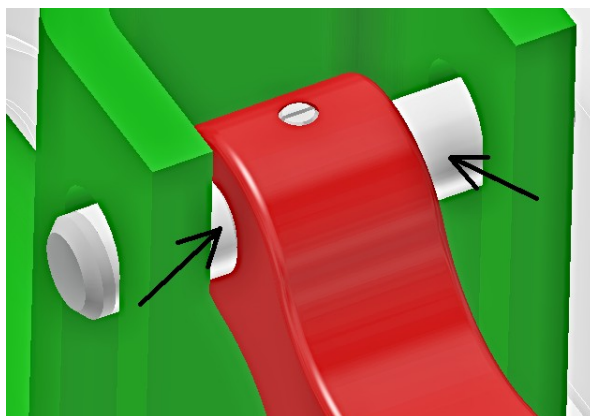
5.8 Kluzné pouzdro

Toto kluzné pouzdro slouží k pohybu v drážce u uzavíracího čepu. Je nasunutě z obou stran na čep (obr. 34, 36), který je uchycen v páce pomocí stavěcího šroubu. Je z materiálu zvaný Iglidur [16], který je pružný, odolný vůči nečistotám, pohlcuje vibrace a má vysokou odolnost proti opotřebení za teplot až 120°C . Díky těmto vlastnostem se bude pouzdro snadno odvalovat v drážce. Je namáhané na otláčení v drážce.

Použití kluzných pouzder je zde na doporučení zástupce firmy, jelikož (jak už bylo zmíněno) nerezové materiály mají tendenci se zadírat. S využitím kluzných pouzder má firma dobré zkušenosti a v konstrukci praček je již používá.



Obr. 35 Kluzné pouzdro



Obr. 36 Umístění kluzného pouzdra v zámku

Velikost otláčení v drážce:

$$p = \frac{F_{\zeta}}{2 \cdot S} = \frac{13,34}{2 \cdot 2,5} = 2,67 \text{ MPa} \quad (23)$$

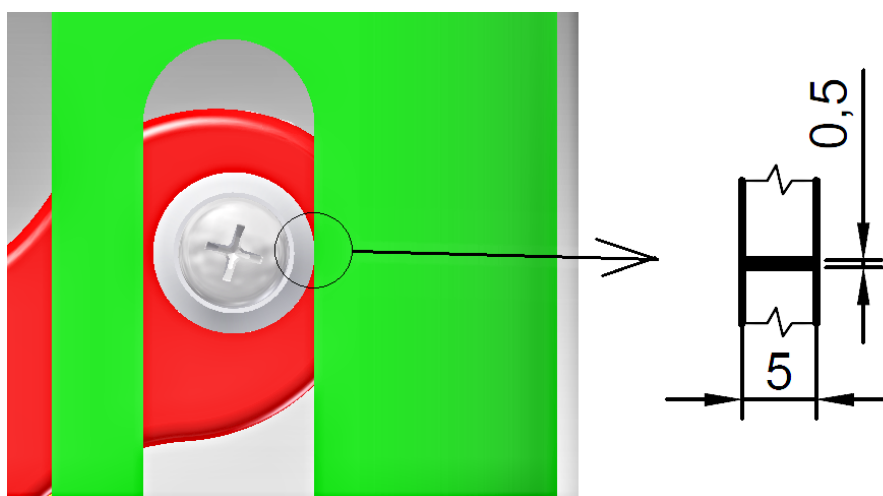
$$p < p_d$$

Návrh kluzného pouzdra vyhovuje v namáhání na tlak.

kde $S = 2,5 \text{ mm}$ - plocha dotyku mezi pouzdrem a drážkou

$F_{\zeta} = 13,34 \text{ N}$ - síla čepu

$p_d = 150 \text{ MPa}$ - dovolený tlak [16]



Obr. 37 Plocha dotyku mezi pouzdrem a drážkou

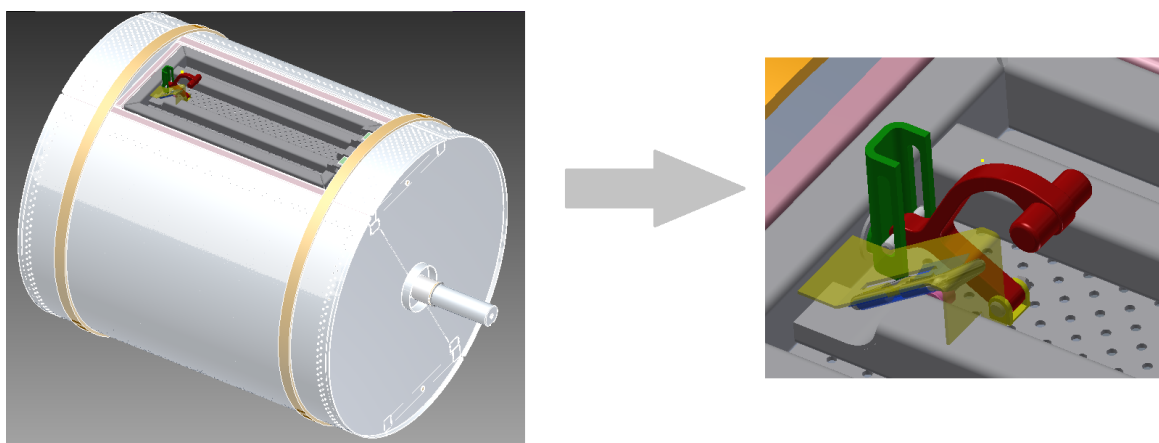
6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala novým konstrukčním návrhem zámku dvířek průmyslové pračky, který by měl zjednodušit ovládání. Při vytváření nového návrhu byl brán zřetel na snahu eliminovat dosavadní nevýhody. Inspirací při tvorbě zámku byl pružinový mechanismus nacházející se v kartonových pořadačích.

Nejprve jsem zpracovala rešerši a rozdělila typy pracích strojů podle způsobu plnění prádlem. Poté jsem popsala jednotlivé části a ovládání současného provedení zámku dvířek a jeho nevýhody. Z těchto nevýhod jsem si stanovila cíle, kterých chci dosáhnout, abych tyto nevýhody eliminovala. Podle toho jsem se snažila nalézt cestu ke splnění těchto cílů, tedy vymyslet princip zavírání a následně jsem popsala navržený mechanismus. Následně jsem pevnostně zkontrolovala namáhané součásti a vypočítala potřebnou sílu ruky k ovládání paky zámku.

Pro další podrobnější zkoumání zámku dvířek doporučuji se zaměřit na určení co nejvhodnějších rozměrů plechové pružiny, tvaru a provedení páky, ohnutého drátu a jejich vzájemné pozice pro ještě pohodlnější ovládání a spolehlivost celého mechanismu.

Ke konečnému návrhu zámku dvířek byl vytvořen sestavný výkres a kusovník, výkres svařence uzavíracího čepu a profilu U s drážkou a výrobní výkres plechové pružiny.



Obr. 38 Konečný návrh zámku vložený do bubnu pračky

7 Seznam použité literatury

- [1] BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I – Spoje*. VUT Brno, 1987.
- [2] BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů – svazek 1*. SNTL Praha, 1990.
- [3] DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3.
- [4] KRÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II – Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002, ISBN 80-85780-95-X
- [5] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky. Třetí doplněné vydání*. Albra Úvaly, 2006, ISBN 80-7361-033-7.
- [6] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. Vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [7] Kaláb K.: *Konstrukční návrh a výpočet ručního šroubového zvedáku. Vysokoškolská příručka*. Ostrava: VŠB-TUO, 2009
- [8] *EPP Plasty a.s. – ertacetal C* [online]. c2012. [cit. 2015-04-29], Fyzikální vlastnosti technických plastů. Dostupné z: <www.eppplasty.cz/ertacetal.php>
- [9] *Primus Laundry equipment – průmyslové pračky* [online]. c2015, [cit. 2015-05-01], Dostupné z <<http://www.primuslaundry.com/cz/washer-extractors/mb-line/mb90/>>
- [10] *Datart – pračky s předním plněním* [online]. c2015, [cit. 2015-04-22], Dostupné z <<http://www.datart.cz/Pracka-predem-plnena-SAMSUNG-WF80F5E5U2W-LE.html>>
- [11] *Danube – laundry pics* [online]. c2015, [cit. 2015-04-23], Dostupné z <http://www.laundrypics.com/?photo_fin=30&photo_texte=2>
- [12] *Albiz – Haier america 1.0 cu ft portable top load washing machine* [online]. c2015, [cit. 2015-04-30], Dostupné z <<http://www.us.all.biz/haier-america-10-cu-ft-portable-top-load-washing-g198300#.VSUjXvmsXD8>>
- [13] *Český kutil – Nové pračky od Fagoru* [online]. c2015, [cit. 2015-04-28], Dostupné z <<http://www.ceskykutil.cz/nove-pracky-od-fagoru>>
- [14] *Euro nákupy – kancelářské potřeby* [online]. c2015, [cit. 2015-04-30], Dostupné z <<http://www.euronakupy.cz/poradac-pakovy-kartonovy-a4-mramor-5-cm-uzky-cerny-hrbet-sanon/poradace-pakove-320/>>
- [15] *Waeller - Ring Binders & Lever Arch Files* [online]. c2015, [cit. 2015-05-01], Dostupné z <<http://www.waeller.com/leverarchfiles.php>>
- [16] *Hennlich - produkty* [online]. c2015, [cit. 2015-05-06], Dostupné z <<https://www.hennlich.cz/produkty/kluzna-pouzdra-a-vedeni-kluzna-pouzdra-iglidur-g-595/tvar-s-1.html>>

8 Seznam příloh

Sestavný výkres návrhu zámku:	HRA-00
Kusovník sestavy zámku:	HRA-00-K
Podsestava – svařenec:	HRA-02
Kusovník podsestavy:	HRA-02-K
Výrobní výkres plechové pružiny:	HRA-01-01-03

Celá bakalářská práce včetně výkresové dokumentace v zadaném rozsahu v elektronické podobě je také na přiloženém CD disku.